

# DAĞITIM SİSTEMİNE YEREL ELEKTRİK SANTRALLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

## ALLOCATION of DISTRIBUTED GENERATORS in DISTRIBUTION SYSTEM

Ayşe Aybike Şeker<sup>1</sup>, Mehmet Hakan Hocaoglu<sup>2</sup>

### 1. Elektronik Mühendisliği Bölümü

GYTE

aseker@gyte.edu.tr

### 2. Elektronik Mühendisliği Bölümü

GYTE

hocaoglu@gyte.edu.tr

### ÖZETÇE

*Artan enerji ihtiyacı ve kısıtlı kaynaklar sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Güneş pili hücresi, rüzgar türbini, yakıt pili ve hidro türbin gibi sürdürülebilir ve çevreye zararsız enerji teknolojileri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda şebekeye gömülü kaynaklar entegre etmeye yönelik çalışmalar artmış ve yenilenebilir teknolojiler bu çalışmalara dahil edilmiştir. Elektrik enerji şebekesinde bunlara dağıtık jeneratör ya da yerel elektrik santralleri denmektedir. Yerel elektrik santralleri sistemin kayıplarını azaltırken, gerilim profilini iyileştirip sistemin güvenilirliğini artırmaktadır. Bu avantajlardan yararlanmak için yerel elektrik santrallerinin sisteme uygun yerde ve uygun boyutta yerleştirilmesi gerekir. Bu çalışmada Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılarak lineer olmayan bu optimizasyon problemi çözülmüştür. Bu sezgisel yöntem 69 baralı test sistemine ve 229 baralı gerçek bir sisteme jeneratör yerleştirmek için kullanılmıştır.*

### ABSTRACT

*Researches about sustainable energy are increased due to enhanced power demand and limited sources. Solar cell, wind turbine, fuel cell and hydro turbine are introduced to use frequently as sustainable and nonpolluting energy technologies. Recently, researches have been directed to integration of embedded resources to the grid including renewable technologies. In electric power network embedded resources are called as distributed generation units or local power plants. Distributed generators provide system loss reduction, voltage profile improvement and raised reliability. In order to benefit from these advantages distributed generators need to be allocated properly. In this paper Artificial Bee Colony Algorithm is used to optimize this nonlinear allocation problem. Proposed heuristic method is implemented in 69 bus test system and 229 bus real distribution system.*

### 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi yüksek verimle ve uygun maliyetle nakledilebildiği için diğer enerji türleri arasında en yaygın olanıdır [1]. Sürekli artan elektrik enerjisi talebi ve fosil kökenli santrallerin tükenen kaynakları, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir enerji üretimi konusunda çalışmaları artırmıştır. Küçük boyutlu enerji üretim ünitelerinin dağıtım sistemine yerleştirilmesi ile gerçekleştirilen dağıtık üretim, fosil kaynaklı

üretim sistemleriyle yapılabileceği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının sisteme entegre edilmesiyle de yapılabilir.

Yerel Elektrik Santralleri (YES) olarak adlandırılan küçük boyutlu enerji üretim üniteleri, talep edilen enerjiyi karşılamak için uygun yere ve uygun boyutta yerleştirildiğinde sistemin gerilim profilini iyileştirir, ömrünü uzatır ve güvenilirliğini artırır. YES güç kaybını en aza indirerek enerji verimliliği ve böylelikle ekonomik fayda sağlar.

YES'in büyüklüğü 15kW ile 100MW arasında değişir [2][3]. Modüler ve küçük yapıda olan YES'in kurulması ve kapasitesinin artırılması kolay ve az maliyetli olur. Mevcut iletim hatları yetersiz kaldığında coğrafi açıdan ya da maliyet açısından sınırlamalarda, şebeke kaybını azaltmada YES büyük fayda sağlamaktadır [3].

YES için yenilenebilir kaynakları içeren birçok teknoloji vardır. Uluslar arası Enerji Kurumu (IEA) yenilenebilir enerji kaynaklarını güneş ışığı, rüzgar gücü, organik maddeler, akan su, okyanus enerjisi ve jeotermal enerji gibi tükenmeyen kaynaklar olarak tanımlamıştır [4]. Mikro hidro üniteler, rüzgar türbinleri, dizel makineler, yakıt pilleri fabrikalarda üretilen küçük modüllerden oluşmaktadır. Bu modüller kısa zamanda güç istasyonu olarak kurulabilirler.

YES'in en önemli faydalarından biri hat kayıplarını azaltmaktır. Sistemde uygun yere, uygun boyutla yerleştirilmesinde bu kayıpları en aza indirmeye dayalı birçok çalışma yapılmıştır. Bunun yanı sıra gerilim profilini, reaktif güç ihtiyacını, maksimum kapasitede YES'in yerleştirilmesini, yatırım maliyetini, işletim maliyetini ya da bunlardan bir kaçını birden formüle edip YES yerleştirmede kullanılan çalışmalar da vardır. Bazı çalışmalar YES'in en uygun yerleştirilmesinde farklı yük tiplerini ele alarak analitik teknikler kullanmıştır. Bazı çalışmalarda YES'in her bir yük barasında olabileceği kabul edilip güç akış algoritmaları kullanılmıştır. Bunların yanında evrimsel hesaplama teknikleri de YES'in en uygun yere ve en uygun boyutta yerleştirilmesinde kullanılmıştır.

2000 yılında yapılan bir çalışma [5] YES yerleştirmede sistem kayıplarını esas alarak analitik bir yaklaşım sunmuştur. Bu çalışma kayıpları en aza indirmek ve kapasite kazançlarını yükseltmek için üretim biriminin yerinin önemini göstermektedir. Ayrıca büyük WSCC (Washington State Conversation Commission) sisteminin bir parçası olan Doğu Washington sisteminin kayıplarını ve duyarlılığını araştırmışlardır. Bu çalışmadaki analiz, farklı yerleşimlerin büyük termal kayıplara sebep olduğunu ve uygun konum belirlenirken iletim ve dağıtımın her ikisinin de etkili olduğunu öne sürmüştür.

2003'te [6] birer YES olan jeneratörlerin, dağıtım sisteminin elektrik kayıpları, gerilim profili ve güvenilirliği açısından

etkilerini belirleyen yaklaşımla bir çalışma yapılmıştır. 2005'teki çalışmada radyal bir sistemde toplam güç kaybını en aza indirmek amacıyla en uygun yere ve en uygun büyüklükte yerleştirilecek olan YES için çeşitli dağılım yük profilleri için geliştirilmiş analitik bir yöntem sunulmuştur.

Sezgisel metodlardan Genetik Algoritma (GA) tabanlı birçok çalışma yapılmıştır [7]-[12]. 1994'te yayımlanan çalışmada [7] YES yerleştirmek için farklı amaç fonksiyonları kullanılarak 43 ve 93 baralı sistemlerde GA tabanlı geliştirilen yöntemin verimliliği test edilmiştir. 2004 yılında yayımlanan [9]'da dağıtım sisteminin toplam kayıplarını minimize eden GA tabanlı bir teknik geliştirilmiştir. GA yerleştirilecek olan YES'in yerini ve büyüklüğünü belirlemiştir. GA'da kullanılan fonksiyonun, yerleştirilecek olan YES'in faydaları ve yatırım işletme giderlerinin arasındaki ilişki ile belirlendiği çalışmada [10] sistemin güvenilirlik seviyesi ve gerilim profilinin düzeltilmesi garanti edilmiştir.

Çeşitli evrimsel metodları kullanarak yapılan çalışmada [13] YES ve elektrik enerjisi üreticileri tarafından üretilen aktif ve reaktif gücün maliyetini içeren bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Genetik algoritma, karınca kolonisi optimizasyon algoritması, parçacık sürü optimizasyon algoritması, tabu arama metodu IEEE'nin 34 baralı test sistemi için çalıştırılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bunlara göre daha yeni olan arı kolonisi algoritması ile yapılan çalışmalarda [14], [15] sistem kayıplarını en aza indirmek amaç fonksiyonu olmuştur. [16]'da kullanılan arı koloni algoritması çeşitli test sistemlerinde denenmiş ve sonuçların tutarlı olması ve yöntemin hızlı yakınsaması sebebiyle büyük sistemlerde kullanılabileceği öne sürülmüştür. Bu çalışmada YES yerleştirmek için 2005'te Derviş Karaboğa tarafından geliştirilen Yapay Arı Kolonisi (YAK) Algoritması kullanılmıştır. Dağıtım sisteminin hat kayıplarını en aza indirmek için en uygun yere ve en uygun boyutta yerleştirilecek olan jeneratörler yenilenebilir kaynaklar olarak modellenmiştir:

- Tip 1: Sisteme sadece aktif güç enjekte eden (P)
- Tip 2: Sisteme hem aktif hem reaktif güç enjekte eden (P+jQ)

Tip 1 için fotovoltaiik hücreler, Tip 2 için rüzgar türbinlerinde kullanılan senkron jeneratörler, örnek olarak verilebilir.

Önerilen optimizasyon metodu 69 baralı test sistemine ve 229 baralı gerçek dağıtım sistemine YES yerleştirilerek test edilmiştir. 2. bölümde problem tanımlanmıştır. 3.bölümde Yapay Arı Kolonisi (YAK) algoritması anlatılmış, 4. bölümde YAK algoritması YES yerleştirmek için değiştirilerek geliştirilmiştir. 5. bölümde önerilen metod uygulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Son bölümde yapılan çalışma değerlendirilmiştir.

## 2. PROBLEM TANIMI

YES yerleştirme problemi sistemin toplam kaybını en aza indirecek şekilde YES'in en uygun yerinin ve büyüklüğünün belirlenmesi olarak açıklanabilir. Toplam kaybı en aza indirirken sistemin parametrelerinin belli sınırlar içinde olmasını sağlayacak kısıtlara da ihtiyaç vardır.

- Amaç fonksiyonu: Sistemin aktif kayıplarını göstermektedir.  $n$  bara sayısı,  $P_i$  ve  $Q_i$ ,  $i$ . baradan ( $i + 1$ ). baraya akan aktif ve reaktif güçtür.  $V_i$ ,  $i$ . baranın gerilimi,  $r_{i+1}$   $i$ . bara ile ( $i + 1$ ). bara arasındaki rezistanstır.

$$ObjFun = \min \sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \right) r_{i+1} \quad (1)$$

Eşitsizlik kısıtları:

- Sistemde her baranın gerilim seviyesi nominal gerilim seviyesinin  $\pm\%5$ 'i kadar olmalıdır.

$$|V_{min}| \leq |V_i| \leq |V_{max}| \quad (2)$$

- YES'in büyüklüğü sistemin toplam yük talebinin %10 ile %80'i arasında seçilmiştir.

$$S_{max} \geq S_{iDG} \geq S_{min} \quad (3)$$

- Güç faktörü pratikte kabul edilen değerler arasında olmalıdır. Bu yüzden 0.85 ile 1 arasında seçilmiştir.

$$p \cdot f \cdot max \geq p \cdot f \cdot iDG \geq p \cdot f \cdot min \quad (4)$$

Eşitlik kısıtları:

- Yük dengesi güç akışı sınırlamalarıyla korunmuştur. Burada  $V_i$ ,  $i$ . baranın gerilimi,  $\theta$  açıdır.  $P_i^{DG}$ ,  $Q_i^{DG}$   $i$ .baradaki YES'in aktif ve reaktif gücüdür.  $P_i^P$ ,  $Q_i^P$  ise  $i$ . baradaki yüklerin aktif ve reaktif gücüdür.  $P_i$ ,  $Q_i$ ,  $i$ . baraya enjekte edilen net aktif ve reaktif güçlerdir. bve  $g$  ise  $i$ . ve  $k$ . baralar arasındaki admittansın gerçek ve sanal kısımlarıdır.

$$P_i = P_i^{DG} - P_i^P, Q_i = Q_i^{DG} - Q_i^P$$

$$P_i = |V_i| \sum_{k=1}^n |V_k| [g_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k) + b_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k)] \quad (5)$$

$$Q_i = |V_i| \sum_{k=1}^n |V_k| [g_{ik} \sin(\theta_i - \theta_k) - b_{ik} \cos(\theta_i - \theta_k)]$$

Amaç fonksiyonundaki  $P$ ,  $Q$  ve  $V$  değerleri radyal dağıtım sistemleri için Thukaram'ın geliştirdiği ileri-geri sweep temelli güç akış algoritmasıyla hesaplanmaktadır [17].

## 3. YAPAY ARI KOLONİSİ (YAK) ALGORİTMASI

Yapay arı kolonisi yaklaşımı bal arılarının yiyecek arama davranışlarını temel almaktadır. Karaboğa [18] tarafından geliştirilen YAK algoritması çok boyutlu optimizasyon problemlerinin çözülmesinde kullanılan sezgisel bir yöntemdir.

Bal arısı sürüsü üç çeşit arıdan oluşur: işçi arılar, gözücü arılar ve kaşif arılar.

YAK algoritmasında yiyecek kaynaklarının yeri optimize edilecek problemin olası çözümlerine ve kaynakların nektar miktarı o kaynaklarla ilgili çözümün kalitesine (uygunluk) karşılık gelmektedir. YAK optimizasyon algoritması en fazla nektara sahip kaynağı bulmaya çalışarak uzaydaki çözümlerden problemin minimumunu ya da maksimumunu veren çözümü bulmaya çalışmaktadır. Bu süreç aşağıdaki adımlardan oluşur:

- Yiyecek arama süreci, kaşif arıların çevrede rastgele yiyecek aramalarıyla başlar.
- Yiyecek kaynağı bulunduğundan sonra kaşif arılar görevli arı olur ve buldukları nektarı yuvaya taşımaya başlar. Yuvaya gelen görevli arılar ya tekrar kaynağa dönüp nektar taşımaya devam eder ya da kaynağın bilgisini dans ederek kovanda bekleyen gözcü arılara iletir. Eğer nektar aldığı kaynak tükenirse görevli arı tekrar kaşif arıya dönüşür ve yeni kaynak aramaya başlar.
- Kovanda bekleyen gözcü arılar dans eden görevli arıların verdiği bilgiye bağlı olarak bir kaynak tercih eder [19].

YAK algoritmasının temel adımları [20]:

- 1: Başlangıç yiyecek kaynaklarının üretilmesi.
- 2: Kaynakların kalitesinin hesaplanması
- 3: Çevrim=1
- 4: Repeat.
- 5: Görevli arıların yiyecek kaynağı bölgelerine gönderilmesi.
- 6: Gözcü arıların kaynak bölgesi seçiminde kullanacakları olasılık değerlerinin görevli işçi arıların verdiği bilgiye göre hesaplanması
- 7: Gözcü arıların olasılık değerlerine göre yiyecek kaynağı bölgesi seçmeleri.
- 8: Bırakılacak kaynakların bırakılması ve kaşif arı üretimi.
- 9: En iyi çözümün hafızaya alınması
- 10: Çevrim = Çevrim+1
- 11: Until (Çevrim = Maksimum Çevrim Sayısı (MCN))

YAK algoritmasında işçi arı sayısı gözcü arı sayısına eşit kabul edilir. Başlangıçta rastgele dağıtılmış bir çözüm popülasyonu üretilir. Her  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, E_b$  (işçiarısayısı)) çözümü D boyutlu bir vektördür. D optimize edilecek parametre sayısıdır. Başlangıç adımından sonra işçi, gözcü ve kaşif arı arama süreçleri başlar ve önceden belirlenen çevrim sayısı (MCN) kadar devam eder.

Besin kaynağı yerleri başlangıçta rastgele üretilir ve gözcü arı sürecinde çözümün uygunluk değerine göre komşu yiyecek kaynakları seçilir. Rastgele besin kaynağı yeri belirleme aşağıdaki gibi yapılır. Burada u [-1,1] aralığında rastgele bir sayıdır.

$$x_i^{j(new)} = \min x_i^j + u(\max x_i^j - \min x_i^j) \quad (6)$$

Komşu besin kaynağı yeri aşağıdaki ifade ile elde edilir.

$$x_{ij}^{new} = x_{ij}^{old} + u(x_{ij}^{old} - x_{kj}) \quad (7)$$

Burada  $k \neq i$  ve her ikisi de  $\in \{1, 2, \dots, E_b\}$  'dır. u, [-1,1] aralığında rastgele bir sayıdır ve  $j \in \{1, 2, \dots, D\}$ .

Bir çevrimde tüm görevli arılar araştırmalarını yapıp kovana dönerler ve kaynakların nektar miktarları ve yerleri ile bilgiyi

dans alanında gözcü arılara aktarırlar. Gözcü arı nektar miktarı ile orantılı bir olasılıkla bir bölge seçer.

$$p_i = \frac{fitness_i}{\sum_{i=0}^{E_b} fitness_i} \quad (8)$$

YAK algoritmasının üç tane kontrol parametresi vardır: 1) koloni büyüklüğü CS ( $E_b$  işçi arı +  $O_b$  gözcü arı). 2) limit değeri, 3) çevrim sayısı (MCN).

#### 4. YAK ALGORİTMASI İLE YES YERLEŞTİRİLMESİ

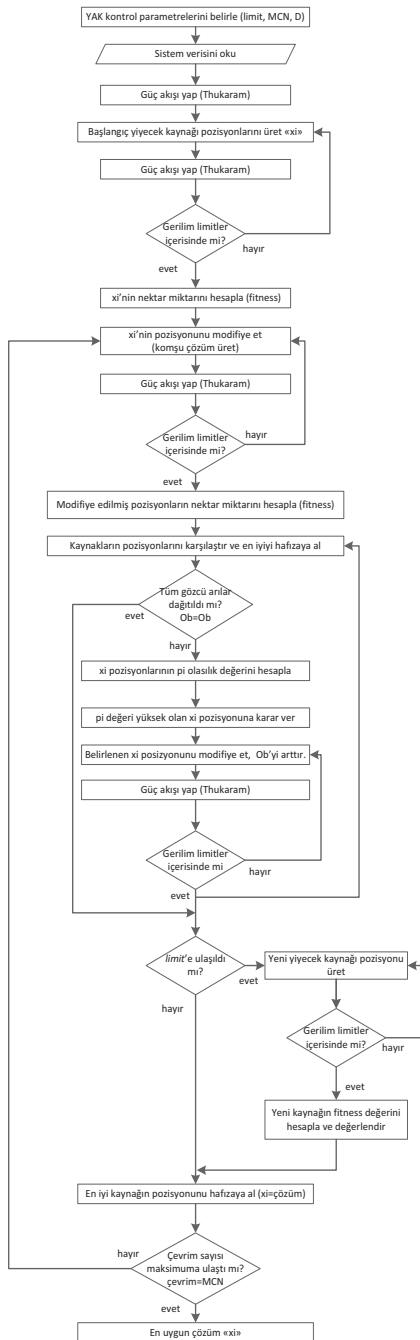
YES yerleştirmek için güncellenen YAK algoritmasının akış diyagramı Şekil 1'deki gibidir. Algoritmanın adımları aşağıdaki gibidir:

- 1) YAK algoritmasının kontrol parametreleri belirlenir: MCN (maksimum çevrim sayısı), D (optimize edilecek parametre sayısı), ve koloni büyüklüğü ve D'ye bağlı limit.
- 2) Sistemin bara ve hat bilgilerinden oluşan verileri okunur.
- 3) Güç akışı yapılır.
- 4) Yiyecek kaynağı pozisyonları  $x_i$  belirlenir. Burada  $i = 1, 2, \dots, E_b$  dir ve  $E_b$  görevli işçi sayısıdır.
- 5) Her kaynak pozisyonu için güç akışı yapılır ve bara gerilimlerinin sınırlar arasında olup olmadığı kontrol edilir.
- 6) Eğer bara gerilimleri sınırlar arasındaysa tüm yiyecek kaynaklarının üretilip üretilmediği kontrol edilir, sınırların dışında ise 4. adıma geri dönlür.
- 7) Eğer tüm yiyecek kaynakları üretilmişse kaynakların kalitesi Eşitlik (9) ile hesaplanır. Aksi halde 4. adıma geri dönlür.

$$fitness_i = \frac{1}{1 + ObjFun_i} \quad (9)$$

Burada  $ObjFun_i$  optimize edilecek amaç fonksiyonunun  $i$ .çözümdeki değeridir.

- 8)  $x_i$  çözümleri eşitlik (7) ile modifiye ederek komşu yiyecek kaynakları üretilir. Bunlar 5. adımdaki gibi değerlendirilir. 6. ve 7. adımlar takip edilir ve adım 4 yerine komşu üretim adımı olan 8.adıma dönlür.
- 9) Yiyecek kaynağı pozisyonları karşılaştırılır ve seçim işlemi uygulanır.
- 10) Eğer tüm gözcü arılar dağılmışsa 13. adıma gidilir. Aksi halde bir sonraki adım takip edilir.
- 11) Eşitlik (8) kullanılarak olasılıklar hesaplanır.
- 12) Seçilen gözcü arı için komşu çözümler eşitlik (7) ile üretilir ve adım 5'teki işlemler uygulanır. 6. ve 7. adımlar takip edilir ve adım 4'e dönmek yerine 12. adıma geri dönlür.
- 13) Adım 9'a geri dönlür.
- 14) Tükenmiş kaynaklara karar verilir ve yeni rastgele bir çözüm üretilir. Bu çözüm için gerilim sınırları kontrol edilir, eğer sınırlar arasında ise  $fitness$  değeri hesaplanır ve bir sonraki adıma geçilir. Aksi halde yeni başka bir çözüm üretilir.
- 15) En iyi çözüm hafızaya alınır.
- 16) Eğer maksimum çevrim sayısına ulaşıldıysa program durdurulur ve en uygun sonuç  $x_i$  yazdırılır.



Şekil 1: YES yerleştirmek için YAK algoritmasının akış diyagramı

Sezgisel metotlarda parametrelerin doğru ayarlanması çok önemlidir. YAK algoritmasının az kontrol parametresine sahip olması bu yönden avantaj sağlamaktadır. *limit* parametresi ( $0.5 * CS * D$ ) olarak alınmıştır.

## 5. SONUÇLAR

Sistemdeki toplam kaybı en aza indirmek için YAK optimizasyon algoritması kullanılmış ve sonuçlar ızgara arama metodu ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca YAK algoritmasının parametrelerinin değişiminin algoritmanın performansına etkileri incelenmiştir.

Metotlar 69 baralı radyal dağıtım test sistemi ile 229 baralı gerçek sisteme uygulanmıştır. Kullanılan 229 baralı gerçek dağıtım sistemi, Yunanistan'ın Xanthi bölgesinin elektrik dağıtım şebekesidir [21]. Sistemlerin YES yerleştirilmeden önceki durumunun bilgisi *Tablo 1*'de gösterilmiştir. Bara gerilimleri %10 limit içerisindeydi ancak düzenlemeler bu limiti %5 ile sınırlandırmıştır. Yerleştirilecek olan YES toplam aktif kaybı en aza indirirken gerilim seviyelerini de istenilen limite taşıyacaktır.

*Tablo 1: YES yerleştirilecek sistemlerin yapısı*

	69-bara	229-bara
Toplam MW kayıp	0.2250	0.0429
ToplamMVarkayıp	0.1021	0.0163
Vmin (p.u.)	0.9092	0.9159
Vmaks (p.u.)	1.0000	1.0000
Yük (MVA)	3.8021+2.6945i	0.7900+0.4869i

**Tablo 2'de** ızgara arama metodu ile YES yerleştirmenin sonuçları vardır. Izgara arama metodu için değişimin değeri ile ızgara oluşturulan ve ızgaranın her noktasındaki değişken değerleri ile arama yapılan bir metottur [22]. Izgara arama metodunun YAK algoritması sonuçlarını kontrol için kullanılmasının nedeni süre olarak uzun da olsa hemen hemen tüm olası YES büyüklüğü ve YES'in yerleştirileceği yer kombinasyonlarını denemesidir. Ancak sistemde denenecek olan YES büyüklük değerleri ve sistem büyüklüğü arttıkça yapılan güç akışları da artacağı için işlem süresi katlanarak artar. Izgara arama metodunda yerleştirilecek olan YES'in büyüklüğü sistemin toplam yük gücünün  $\%10'u$  ile  $\%80$  arasını eşit aralıklarla bölerek 100 değer olarak belirlenmiştir. Bu büyüklükler her bir bara için sırasıyla denemiş ve güç kaybını en aza indiren bara ve büyüklük elde edilmiştir.

Tablo 2: YES'in uygun yeri ve büyüklüğünün ızgara metodu sonuçları

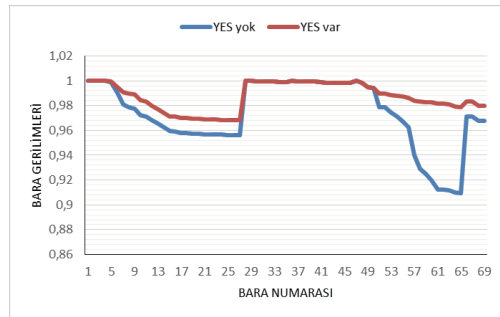
	69 baralı sistem		229 baralı sistem	
Güç faktörü	gf=1	gf=0.85	gf=1	gf=0.85
En uygun yer	61	61	145	155
En uygun büyüklük (MW)	1.8831	2.2456	0.6505	0.7293
Toplam kayıp (MW)	0.0832	0.0239	0.0149	0.0052
İşlem süresi (s)	55.62	137.99	1435.08	4094.96

YAK algoritmasında ise YES'in büyüklüğü için sistemin toplam yük gücünün %10 ile %80'i arasında rastgele bir değer üretilmektedir. Her büyüklük için bir de rastgele bara numarası üretilerek YAK algoritması için bir çözüm oluşturulmuş olur. Koloni sayının yarısı kadar ki bu işçi arı sayısıdır rastgele çözüm üretilir ve YAK algoritması süreci başlamış olur.YAK'ın parametreleri sistemin büyüklüğüne göre ve yeteri kadar çalıştırıldıktan sonra seçilmiştir. CS (koloni büyüklüğü) 69 ve 229 baralı sistemler için 30 alınmıştır. Maksimum çevrim sayısı (MCN) 40 alınmıştır. YAK algoritmasının diğer parametresi olan limit literatürde önerilen CSxDx0.5 olarak alınmıştır.

Tablo:3 YES'in uygun yeri ve büyüklüğünün YAK algoritması sonuçları (P).

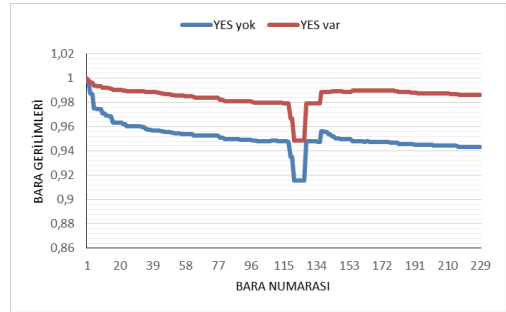
69-bara			229-bara		
YES için en uygun bara					
61			145		
YES için en uygun güç (MW)					
1.8727			0.6440		
Vmax		Vmin	Vmax		Vmin
1		0.9685	1		0.9454
Toplam kayıp (MW)					
En iyi	En kötü	Ort.	En iyi	En kötü	Ort.
0.0829	0.0829	0.0829	0.0149	0.0149	0.0149
İşlem süresi (s)					
10.29	11.62	10.77	76.33	79.65	77.21

YES'in güç faktörü 1 olarak alınarak sisteme sadece aktif güç (P) verdiği durumda 69 baralı sistemde YES'in en uygun yeri 61. bara ve en uygun büyüklüğü 1.8 MW civarındadır. Gerilim seviyesi 0.95 ile 1.05 p.u. arasında sınırlandırılmıştır.



Şekil 2: 69 baralı sistem için gerilim profili (P)

Şekil 2'de gösterildiği gibi minimum gerilim seviyesi YES yerleştirildikten sonra 0.06 p.u. artmıştır. Toplam aktif güç kaybı %63 azalmıştır.



Şekil 3: 229 baralı sistem için gerilim profili (P)

Tablo 4: YES'in uygun yeri ve büyüklüğünün YAK algoritması sonuçları (P+jQ).

69-bara			229-bara		
YES için en uygun bara					
61			155		
YES için en uygun güç (MW)					
2.2399			0.7306		
Vmax	Vmin	Vmax	Vmin	Vmax	Vmin
1.0005	0.9719	1.0033	0.9570		
Toplam kayıp (MW)					
En iyi	En kötü	Ort.	En iyi	En kötü	Ort.
0.0238	0.0238	0.0238	0.0052	0.0053	0.0052
İşlem süresi (s)					
10.22	11.47	10.78	78.13	86.91	82.68

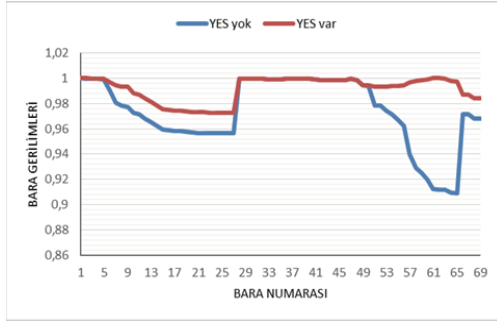
Sadece aktif güç veren YES bağlandığında 229 baralı sistemde 145. baraya 0.6440 MW büyüklüğünde yerleştirilen YES, sistemin aktif güç kaybını % 65 azaltmıştır.

Şekil 3'te bara gerilim seviyeleri gösterilmiştir. 0.90 ile 1.1p.u. arasında sınırlandırılan gerilim seviyesinde minimum bara gerilimi 0.91'den 0.94 p.u.'e yükselmiştir.

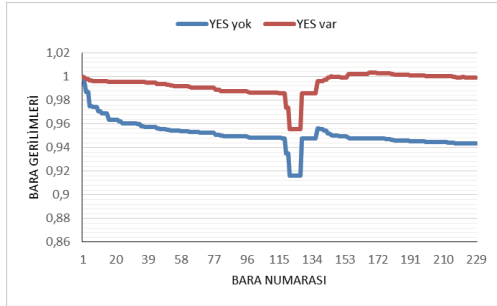
YES'in güç faktörü her iki sistemde de 0.85 alınarak sisteme hem aktif hem reaktif güç verildiğinde elde edilen sonuçlar Tablo 4'te gösterilmiştir.

Toplam aktif güç kaybı 69 baralı sitem için %89 ve 229 baralı sistem için %87 azalmıştır. Aktif ve reaktif güç üreten YES iki sistemin de minimum gerilim seviyelerini Şekil 4 ve Şekil 5'te görüldüğü gibi 0.95 p.u.'in üzerine çıkarmıştır. Minimum gerilimler 229 baralı sistem için 0.95 p.u. 69 baralı sistem için ise 0.97 p.u. yükselmiştir. Toplam aktif güç kaybı 69 baralı sitem için %89, 229 baralı sistem için %87 azalmıştır.

YAK algoritması ızgara arama metoduna göre oldukça hızlıdır. ızgara arama metodunun işlem süresi YAK algoritmasının 69 bara için 13 katı, 229 bara için 50 katı kadardır.



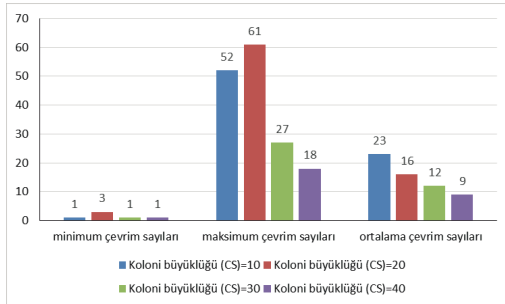
Şekil 4: 69 baralı sistem için gerilim profili (P+JQ)



Şekil 5: 229 baralı sistem için gerilim profili (P+JQ)

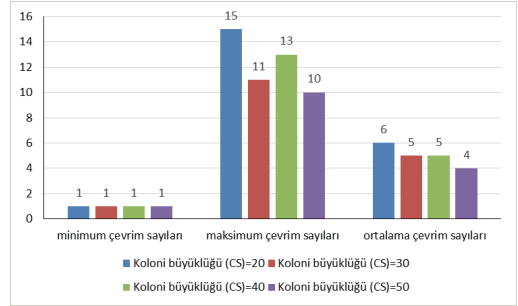
Aktif ve reaktif güç üreten YES, sadece aktif güç üreten YES'e göre gerilim profilini daha iyi düzeltirken, toplam aktif güç kaybını da oldukça azaltmıştır.

YAK algoritmasının parametrelerinin değişiminin algoritmayı nasıl etkilediğine bakmak için yerleştirilen YES'in aktif ve reaktif gücü birbirinden bağımsız olarak sistemin sınırları içinde rastgele üretilmiştir.



Şekil 6: YAK algoritmasının farklı koloni büyüklüklerine karşılık çevrim sayıları-1

Çevrim sayısı çok büyük değerlerden başlanarak algoritma çalıştırılmış ve koloni boyutu ile çevrim sayısı ilişkisi incelenmek için son olarak 100 seçilmiştir.



Şekil 7: YAK algoritmasının farklı koloni büyüklüklerine karşılık çevrim sayıları-2

Algoritma 30 kez çalıştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. 69 baralı sistemde Şekil 6'te, 229 baralı sistemde Şekil 7'de gösterildiği gibi koloni boyutu arttıkça en uygun sonuca ulaşan ortalama çevrim sayısı azalmıştır. İşlem süresi de koloni boyutuyla orantılı olarak artmıştır. 69 baralı sistem için koloni büyüklüğü 10 iken ortalama 8 s süren algoritma, büyüklük 40 olduğunda ortalama 31 s sürmüştür. 229 baralı sistemde geçen süre koloni büyüklüğü 20 iken 125s, koloni büyüklüğü 50 iken 300s'dir. Bu analizden de anlaşılacağı üzere sistemin parametreleri seçilirken koloni büyüklüğü geçen süreyi artırırken sonuca ulaşan çevrim sayısı da süreyi azaltmaktadır. Bu çalışmada parametreler seçilirken iki durum da göz önünde bulundurularak en uygun kombinasyon seçilmiştir.

## 6. YORUMLAR

Yerel Elektrik Santralleri çevresel ve ekonomik problemlere bir çözüm sunduğu için günümüzde gittikçe artan bir öneme sahiptir. Yapılan tüm çalışmalarda yerel elektrik santrallerinin dağıtım sistemlerine dahil edilmesi gerekliliğine sistem kayıplarını azaltması, gerilim profilin iyileştirmesi, yenilenebilir kaynak tabanlı santraller ile çevreye duyarlı enerji elde etmeye müsait olması açısından kanaat getirilmiştir.

Bu çalışmada sürü optimizasyon algoritmalarından Yapay Arı Kolonisi algoritması kullanılarak YES'in yeri ve büyüklüğü belirlenmiştir. Algoritma daha büyük sistemlerde kullanılmaya uygundur. Aynı zamanda sisteme birden fazla YES yerleştirmeye olanak sağlar.

## 7. KAYNAKÇA

- [1] Saadat H.,(2002), "Power System Analysis", Second Edition, McGraw-Hill.
- [2] Gözel T., (2009), "Dağıtım Sistemlerine Yerel Elektrik Santrallerinin Yerleştirilmesi", Doktora Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.
- [3] Mistry K. and Roy R., (2012), "CRPSO based optimal placement of multi-distributed generation in radial distribution system", Power and Energy (PECon) IEEE International Conference on , vol., no., pp.852,857, 2-5 Dec.
- [4] International Energy Agency, (1997), "Energy Technologies for the 21st Century", Paris.
- [5] Griffin T.,Tomsovic K., Secrest D., Law A., (2000),"Placement of Dispersed Generations Systems



- for reduced losses", Proceedings of the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences.
- [6] Borges C. L. T., Falcao D. M., (2003), "Impact of Distributed Generation Allocation and sizing on reliability, losses and voltage profile", IEEE Power Tech Conference Bologna, Italy.
- [7] Silvestri A., Berizzi A., Buonanno S., (1999), "Distributed generation planning using genetic algorithms", International Conference on Electric Power Engineering, Power Tech Budapest 99, 257, Budapest, Hungary.
- [8] Celli G., Pilo F., (2001), "Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks", 22nd IEEE Power Engineering Society International Conference, 81-86.
- [9] Mithulananthan N., ThanOo, Van Phu L., (2004) "Distributed Generator Placement in Power Distribution System using Genetic Algorithm to reduce losses", Thammasat Int. J. Sc. Tech., 9(3)
- [10] Borges C. L. T., Falcao D. M., (2006), "Optimal distributed generation allocation for reliability, losses, and voltage improvement", Int. J. Power Energy Syst., 28, (6), 413-420.
- [11] Alinejad-Beromi Y., Sedighzadeh M., Bayat M. R., Khodayar M. E., (2007), "Using Genetic Algorithm for Distributed Generation Allocation to reduce losses and improve voltage profile", IEEE UPEC, 954-959.
- [12] Jahromi M. J., Farjah E., Zolghadri M., (2007), "Mitigating voltage sag by Optimal Allocation of Distributed Generation Using Genetic Algorithm", 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilization, Barcelona, Spain.
- [13] Niknam T., Ranjbar A. M., Shirani A. R., Mozafari B., Ostadi A., (2005), "Optimal Operation of Distribution System with Regard to Distributed Generation: A Comparison of Evolutionary Methods", IEEE Industry Applications Conference, 2690 -2697.
- [14] Sohi M. F., Shirdel M., Javidaneh A., (2011), "Applying BCO Algorithm to solve the Optimal DG Placement and Sizing Problem", 5th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2011), Malaysia.
- [15] Abu-Mouti F. S.; El-Hawary M. E., (2011), "Optimal Distributed Generation Allocation and Sizing in Distribution Systems via Artificial Bee Colony Algorithm", Power Delivery, IEEE Transactions on, vol.26, no.4, pp.2090,2101, Oct.
- [16] Seker, A.A.; Hocaoglu, M.H., (2013), "Artificial Bee Colony algorithm for optimal placement and sizing of distributed generation," Electrical and Electronics Engineering (ELECO), 8th International Conference on, vol., no., pp.127,131, 28-30 Nov. 2013
- [17] Thukaram D., Wijekoon Banda H.M. and Jerome J., (1999), "A robust three phase power flow algorithm for radial distribution systems", Electric Power Systems Research, Volume 50, Issue 3, Pages 227-236.
- [18] Karaboga D., (2005), "An idea based on honey bees farm for numerical optimization", Technical Report TR06, Computer Engineering Department, Engineering Faculty, Erciyes University.
- [19] Akay B., (2009) "Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi (Artificial Bee Colony) Algoritmasının Performans Analizi", Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [20] Karaboga D., Akay B., (2011), "A modified Artificial Bee Colony (ABC) algorithm for constrained optimization problems", Applied Soft Computing, Volume 11, Issue 3, April, Pages 3021-3031
- [21] A. S. Safianni, G. J. Salis, Optimum voltage regulator placement in a radial Power distribution network, IEEE Trans. On Power Systems, vol. 15, no. 2, pp. 879-886, May 2000
- [22] Eminoglu U., Gözel T. and Hocaoglu M.H., (2009), "Güç akışı, kararlılık ve optimizasyon analizlerinin yapılabileceği bir dağıtım sistemleri analiz paket (DSAP) programının geliştirilmesi", Proje no: 107E242, Kocaeli.